

- использованием озонированной среды. Санкт-Петербург. Журнал «Металлообработка» № 5. 2005. с. 6-7.
7. Чекалова Е.А., Ромина Н.Н. Экологически чистая технология в машиностроении. М., Журнал «ИТО: инструмент-технология-оборудование» № 3. 2008. с. 12-16.
 8. Чекалова Е.А. Высокоэффективная технология механической обработки с использованием озонированной среды. М. Машиностроение. «Справочник. Инженерный журнал» № 8. 2005. с. 31-32.
 9. Чекалова Е.А., Гурин В.Д. Механическая обработка с охлаждением озонированной средой. М. Журнал «Вестник машиностроения» № 10. 2004. с. 49-50.
 10. Чекалова Е.А. Повышение износостойкости инструмента и основные аспекты проблемы экологии в машиностроении. М. Журнал «Технология машиностроения» № 1. 2005. с. 26-27.
 11. Гольдштейн М.И., Литвинов В.С., Бронфин Б.М. Металлофизика высокопрочных сплавов. М.: Металлургия. 1986. с. 197.

Преимущества использования устройства для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием с регламентированным усилием обкатывания роликами при обработке нежестких деталей типа полый цилиндр

Ветрова Е.А., Лебедев П.А., Адеев А.С.
Университет машиностроения
8(495)223-05-23, доб. 1321

Аннотация. Использование устройства для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием с регламентированным усилием обкатывания имеет большие преимущества при обработке нежестких деталей типа полый цилиндр.

Ключевые слова: комбинированная обработка, регламентированное усилие обкатывания, нежесткие цилиндрические детали, устройство для комбинированной обработки, точность обработки

Как известно, в тракторостроении, сельскохозяйственном, дорожностроительном и других производствах для работы с навесными механизмами широко используются гидро- и пневмоцилиндры. Одной из особенностей является нежесткость штоков цилиндров из-за большого соотношения диаметрального и линейного размеров, что оказывает негативное влияние на результаты обработки [3, 4]. Проводимые ранее исследования [3, 4] показали, что при изготовлении корпусов и штоков нежестких полых цилиндров в технологических процессах наиболее выгодно использовать устройства для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием (ППД), поскольку комбинированная обработка в данном случае дает выигрыш в производительности, высокие показатели точности обработки (8-9 квалитет) и хорошую шероховатость обработанной поверхности ($R_a = 0.08...0.32 \text{ мкм}$).

Усилие деформирования при обкатывании определяется исходя из величины сминаемого деформирующими элементами слоя металла. Однако во всех ранее известных разработках устройств для комбинированной обработки резанием и ППД не решена проблема создания оптимального натяга деформирующих роликов при обкатывании предварительно проточенных поверхностей. Иными словами, усилие обкатывания не является регулируемым параметром, а определяется размером заготовки, который изменяется при обточке из-за износа режущих элементов, и размером настройки роликов по направляющей части поддерживающего центра. Это приводит к тому, что возникают различия в радиальном усилии обкатывания, а следовательно, и в осевой силе воздействия на обрабатываемую заготовку из-за разницы размеров заготовок после обтачивания. Кроме того, обкатывающие ролики, выполняя роль под-

вижного люнета, исключают радиальные деформации заготовки, а осевое усилие может приводить к изгибам нежесткой заготовки в ее частях, находящихся перед обкатывающими роликами до места закрепления передней части заготовки. Возможные изгибы заготовки связаны с увеличением биения и ухудшением условий обтачивания резцами устройства для комбинированной обработки, которые будут связаны не только с качеством обработки, но и окажут негативное воздействие на состояние режущих элементов резцов.

В известных устройствах для комбинированной обработки резанием и ППД наблюдается силовое замыкание воздействующих на заготовку усилий, причем радиальное усилие связано с высокой жесткостью обкатной части устройства, а осевое усилие обеспечивается механизмом продольной подачи станка. С учетом того что жесткость всех механизмов продольной подачи станка может быть довольно велика, основным упругим элементом в системе может оказаться заготовка, продольная жесткость которой будет являться фактором, влияющим на качество ее обработки с использованием устройства для комбинированной обработки резанием и ППД.

Иными словами, возникает необходимость в обеспечении обработки поверхностей нежестких заготовок типа полый цилиндр после обтачивания обкатыванием роликами с регламентированным осевым усилием.

В [1, 2] авторами была разработана упругая система осевого воздействия деформирующей части устройства на заготовку за счет использования пружины с круглым сечением проволоки или тарельчатых пружин, размещаемых непосредственно за нажимным кольцом устройства для комбинированной обработки резанием и ППД. Вид пружины может быть выбран в зависимости от диаметра обрабатываемой заготовки. К примеру, при обработке заготовок с большими диаметрами требуются большие усилия, которые могут быть обеспечены тарельчатыми пружинами. А при обработке заготовок с малыми диаметрами устройство может быть оснащено пружинами из круглой проволоки. На рисунке 1 а, б [1] представлены варианты схемы конструктивного исполнения данного устройства.

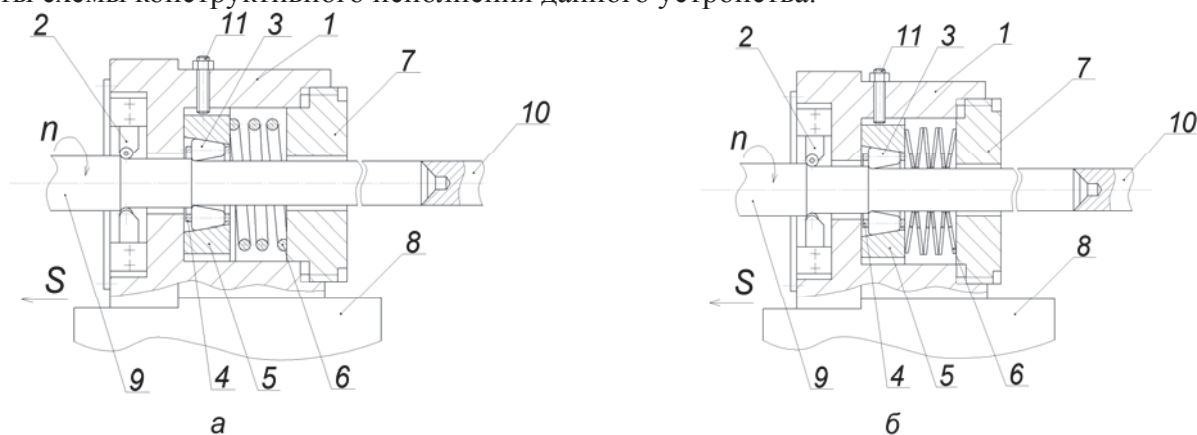


Рисунок 1. Схемы устройства для комбинированной обработки:
а) с пружиной из круглой проволоки; б) с тарельчатыми пружинами

Представленное устройство [1, 2] состоит из корпуса 1 с плавающим блоком, в котором установлены резцы 2, осуществляющие срезание металла с заготовки под последующее обкатывание роликами 3. Обкатывающие ролики 3 установлены в сепараторе 4 и контактируют своей наружной поверхностью с нажимным кольцом 5 с таким же углом конусности внутренней поверхности, как и у обкатывающих роликов 3. Нажимное кольцо 5 размещено в деформирующей части корпуса 1 за поверхностью, отделяющей нажимное кольцо 5 с обкатывающими роликами 3 от режущей части устройства для комбинированной обработки резанием и ППД. Один торец нажимного кольца 5 упирается в расточку корпуса 1, а во второй торец нажимного кольца 5 упирается пружина 6 (с круглым сечением проволоки либо тарельчатая). Пружина 6 сжимается гайкой 7, вворачиваемой в корпус 1. Для заворачивания гайки 7 используются торцевые пазы, выполненные под ключ с торцевыми выступами. Каждый полный оборот гайки 7 будет обеспечивать ее линейное перемещение на величину, равную шагу

резьбы. К примеру, если шаг резьбы равен 2 мм, то за один оборот гайка 7 перемещается на 2 мм, за 0,5 оборота – на 1 мм, и т.д., что позволяет обеспечивать различные величины сжатия пружины. При предварительном тарировании пружины устанавливаются величина сжатия данной пружины и осевое усилие сжатия, соответствующее изменению длины пружины. Если известна исходная длина пружины, то можно обеспечить ее сжатие с достижением необходимых осевых усилий в соответствии с тарировочным графиком. Зная величину шага резьбы гайки, можно определить количество оборотов при завинчивании гайки, необходимых для достижения нужной величины ее сжатия. Для обеспечения осевой подвижности нажимного конуса без его проворачивания на наружной поверхности кольца данного нажимного конуса формируются продольные пазы, желательны в количестве 3 единиц, в которые через корпус вводятся стопорящие штифты с размером конечной части, немного меньшим ширины паза. Данные стопорящие штифты не упираются в дно паза. Нажимной конус устанавливается в корпусе устройства для комбинированной обработки резанием и ППД по скользящей посадке в целях обеспечения возможности его осевого смещения.

Корпус 1 [1, 2] устройства для комбинированной обработки резанием и ППД устанавливается и жестко закрепляется на платформе 8, установленной на суппорте продольного перемещения станка. Обрабатываемая заготовка 9 устанавливается по фаскам передней и задней её частей. Поверхность задней направляющей втулки 10 служит для первичной установки обкатывающих роликов 3. Стопорящие штифты 11 вводятся в паз наружной поверхности кольца нажимного кольца 5 через корпус 1, не упираясь в дно паза.

Величину осевого усилия при обкатывании можно определять следующим образом.

Принимаем, что при обкатывании имеем схему, представленную на рисунке 2, на которой указаны следующие параметры:

R_1 - радиус заготовки после обтачивания;

R_2 - радиус детали после обкатывания деформирующей частью устройства для комбинированной обработки резанием и ППД;

$R_{ПП}$ - профильный радиус обкатного ролика;

h - толщина сминаемого слоя металла заготовки;

A, B, C - точки, образующие линию контакта обкатывающего ролика с заготовкой. При этом точка B соответствует средней части этой линии, и можно считать, что усилие обкатывания действует по вектору OB ;

d - горизонтальная проекция дуги контакта AC обкатывающего ролика с деталью;

P_r - радиальное усилие обкатывания;

P_1 - равнодействующая сил обкатывания, проходящая по середине дуги контакта AC .

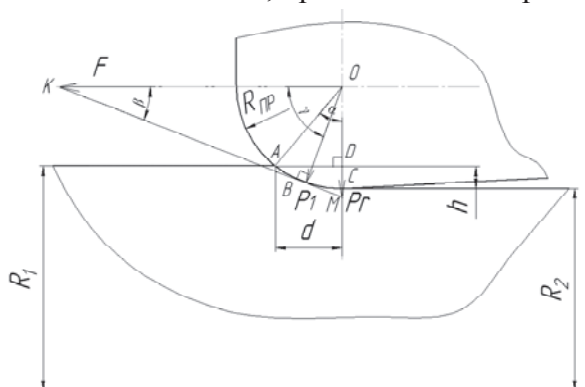


Рисунок 2 – Схема обкатывания

Радиальное усилие обкатывания рассчитывается по следующей формуле [3, 4]:

$$P_r = 1.05 \cdot \sigma_N \cdot d \sqrt{\frac{2l_{\max} \cdot R_{ПП} \cdot R_1}{R_{ПП} + R_1}} \left(1 + 0,35 \sqrt{\frac{R_{ПП} + R_1}{R_1}} \right), \quad (1)$$

где: $R_{ПП}$ - радиус обкатного ролика;

R_1 - радиус заготовки;

l_{\max} - максимальная длина пластической волны металла, которая рассчитывается по формуле [5]:

$$l_{\max} \approx \frac{s_z \cdot d}{R_{\text{ПР}}}, \quad (2)$$

где: s_z - подача устройства для комбинированной обработки резанием и ППД;

d - горизонтальная проекция дуги контакта AC обкатывающего ролика с деталью рассчитывается по формуле [5, 6]:

$$d = \frac{h^2}{2.55}, \quad (3)$$

где: h - толщина снимаемого слоя металла заготовки.

σ_N - напряжение на площадке контакта, которое рассчитывается по формуле [5, 6]:

$$\sigma_N = \frac{5.2\sigma_S}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где: σ_S - напряжение текучести, которое может быть рассчитано по формуле [5, 6]:

$$\sigma_S = \frac{P}{F} \approx 0.32HB, \quad (5)$$

где: F - площадь поперечного сечения обкатываемой поверхности в момент действия радиального усилия обкатывания P_r .

Радиальное усилие обкатывания, определяемое по формуле (1), обозначим как P_r . Осевое усилие, необходимое для обкатывания, обозначим как F_0 . Угол между отрезками OA и OC обозначим α и определим его, опустив перпендикуляр из точки A на линию OC . Тогда имеем прямоугольный треугольник ODA со сторонами OA и OD , равными $R_{\text{ПР}}$ и $R_{\text{ПР}} - h$ соответственно, где $h = R_1 - R_2$. Тогда $\cos \alpha = \frac{R_{\text{ПР}} - h}{R_{\text{ПР}}}$. Сформируем прямоугольный

треугольник OBK , проведя через точку B касательную к дуге контакта AC , пересекающуюся с горизонтальной линией, проходящей через центр радиуса скругления обкатного ролика.

Угол между отрезками OK и OB обозначим γ и определим его как $\gamma = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$. Угол между

отрезками OK и KB обозначим β и определим как $\beta = 90^\circ - \gamma = 90^\circ - \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) = \frac{\alpha}{2}$. Теперь

рассмотрим прямоугольный треугольник $МОК$: $\text{tg} \beta = \frac{P_r}{F_0}$, следовательно, $F_0 = \frac{P_r}{\text{tg} \beta} = \frac{P_r}{\text{tg} \frac{\alpha}{2}}$.

Подставляя значение P_r (1), σ_N (4) и σ_S (5), получим:

$$F_0 = \frac{\left(1.05 \cdot \frac{5.2 \cdot 0.32HB}{\sqrt{3}} \cdot d \sqrt{\frac{2l_{\max} \cdot R_{\text{ПР}} \cdot R_1}{R_{\text{ПР}} + R_1}} \left(1 + 0.35 \sqrt{\frac{R_{\text{ПР}} + R_1}{R_1}}\right)\right)}{\text{tg} \frac{\alpha}{2}}.$$

С учетом d (3) окончательно получим:

$$F_0 = \frac{\left(1.01HB \cdot \frac{h^2}{2.55} \sqrt{\frac{2l_{\max} \cdot R_{\text{ПР}} \cdot R_3}{R_{\text{ПР}} + R_3}} \left(1 + 0.35 \sqrt{\frac{R_{\text{ПР}} + R_3}{R_3}}\right)\right)}{\text{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (6)$$

Таким образом, выше определена расчетная потребная величина осевого усилия F_o для обкатывания. Для выявления данной величины, обеспечивающей наилучшие условия обкатывания, необходимо осуществить пробные проходы обработки с установкой расчетной величины осевого усилия F_o .

Для обкатывания с расчетным усилием следует обеспечивать предварительное сжатие пружины до расчетной величины, ориентируясь на величину ее сжатия в соответствии с тарировочным графиком.

В результате обработки с использованием устройства для комбинированной обработки резанием и ППД с регламентированной величиной осевого усилия будет обеспечиваться получение заданной точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей вне зависимости от размера под обкатывание обрабатываемых заготовок.

Технический результат, получаемый от использования данной конструкции устройства для комбинированной обработки, заключается в обеспечении шероховатости в пределах $R_a = 0.16...0.32$ мкм, стабильного упрочнения поверхностного слоя и обеспечения точности при обработке устройством для комбинированной обработки резанием и ППД нежестких деталей типа полый цилиндр.

Выводы

Использование устройства для комбинированной обработки резанием и ППД с регламентированным усилием обкатывания роликами [1, 2] при обработке нежестких деталей типа полый цилиндр создает условия для обеспечения требуемой величины шероховатости поверхности, стабильного упрочнения поверхностного слоя обработанной детали и повышения точности обработки.

Литература

1. Патент на полезную модель РФ № 111052.
2. Пини Б.Е., Ветрова Е.А., Максимов Ю.В., Анкин А.В. Устройство для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием. Тракторы и сельхозмашины, 2013, №1.
3. Анкин А.В. Повышение производительности и качества комбинированной обработки нежестких валов. Дисс. ... к.т.н., - М., МАМИ, 1993.
4. Максимов Ю.В. Обеспечение качества и производительности обработки нежестких валов применением технологических систем с дополнительными контурами связи. Дисс. ... д.т.н., - М., МГТУ «МАМИ», 2000.
5. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 2002. 300 с.
6. Смелянский В.М. Механика упрочнения поверхностного слоя деталей машин в технологических процессах поверхностного пластического деформирования. М.: Объединение «МАШМИР», 1992. 60 с.

Метрологическое обеспечение испытаний экспериментальных коробок передач автобусов

к.т.н. проф. Грибанов Д.Д., Греку М.В., Михайлова Л.В.
Университет машиностроения
(916)805-71-86, smis@mami.ru

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследования механической коробки передач (КП) для автобусов, с целью определения времени переключения передач. На основании результатов испытаний было принято решение рекомендовать испытанную коробку передач для использования на городских и междугородних автобусах.

Ключевые слова: единство измерений, многократные измерения, (КП) коробка передач